

技 術 資 料

珪素鋼板に関する最近の進歩

五 弓 勇 雄*

RECENT DEVELOPMENTS IN SILICON STEEL PLATES—REVIEW—

Isao Gokyu, Dr. Eng.

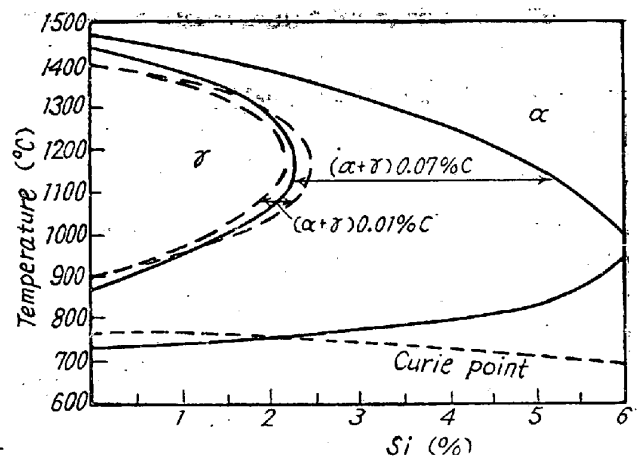
I. 緒 言

珪素鋼板に関する研究は現在もなお実験室的にも工業的にも非常に数多く行われ、工業的に生産される珪素鋼板の性質は益々向上しつつある現状である。変圧器用の熱間圧延珪素鋼板としては、周波数 50C/S、磁束 10,000 gauss に対する鉄損 W 10/50 が厚さ 0.35 mm の板で 0.90 W/kg 以下のものは工業的に容易に生産されている。また冷間圧延法によつて製造される異方性珪素鋼帯は最近米国においては 3333 KVA 程度の大型変圧器にまで使用されるようになり、次第に巾のひろい鋼帯が要求されるようになってきつつある。ここに最近の諸文献の中から特に珪素鋼板の性質向上のために重要と思われるものを紹介して説明を加えることとしたい。

II. 不純物の問題

珪素鉄の磁性におよぼす炭素の影響については従来非常に多くの研究があり、ここで新しく説明するまでもないが工業的に忘れられがちなのは炭素含有量による鉄—珪素系状態図の著しい変化である。これについては既に 1930年に A. Kriz および F. Poboril¹⁾ の研究があるがその後 1946年に R. L. Rickett, N. C. Fick²⁾ によつて 0.1% 以下の炭素含有による r - α 変態の変化が研究されている。

その結果によれば Fig. 1 に示すように炭素含有量が 0.07% 程度のときには 4% Si の珪素鉄でも 800°C 以上で焼鈍するときは一部 r - α 変態を起すようになる。従つて 0.07% C, 4% Si の組成の珪素鉄を 800°C 以上の温度で焼鈍すると結晶粒の大きさは不均一となり、磁性もすぐれないことが多い。J. L. Snoek³⁾ 等によれば一般に r 相の水素焼鈍による脱炭速度は同一温度で α 相の場合よりも小さく従つて前述のような 0.07% C の珪素鉄を 800°C 以上の温度で水素焼鈍を行うと α ,



(R. L. Rickett, N. C. Fick)

Fig. 1. Effect of carbon on r -loop

r 両相共存のためミクロ的に不均一に脱炭されることになる。このような理由のために例えば最終焼鈍前に炭素の含有量が 0.07% に近い 3.5% Si 珪素鉄を最終水素焼鈍するには予め 800°C 内外の温度で長時間水素中または酸化性雰囲気中で焼鈍して約 0.01% 程度まで脱炭した後、1200°C 程度の高温で水素焼鈍を行つた方が最初から高温焼鈍するよりもすぐれた磁性を得ることが出来る。またかくの如き炭素の作用は異方性珪素鋼板において結晶異方性を良好に発達させる上に特に重要な問題である。

上述のような状態図におよぼす作用は炭素のみに限つたことではない。 r -ループの範囲は炭素のみに限らず他の普通に含有される元素即ち酸素、硫黄、マンガン等によつて多少の影響をうける。炭素、マンガン、硫黄、銅、ニッケル等は r -域をひろげる傾向のあること、従つてこれ等の不純元素含有量が多いときは 4% Si の珪素鉄でも r - α 変態を一部起すようになることを注意しなければならないのであつて純鉄—珪素系 2 元状態図のみに

* 東京大学工学部 工博

よつて工業的に製造される珪素鉄の焼鈍温度を決定してはならない。

次に珪素鉄には普通ある程度のアルミニウムが含有されるが最近の H.-H. Meyer, H. Schlütter⁴⁾の論文によれば Al_2O_3 のコロイド的微粒子の生成のために磁氣的に有害であり、珪素鉄の過熱現象の原因となることが明らかになつている。アルミニウムは窒素の害を抑制する重要な作用があるので普通 0.5% 程度以下加えられることが多いのであるがアルミニウムをこの程度含有する珪素鋼板はなるべく水素焼鈍か 900°C 以下の箱焼鈍を行うようにする。アルミニウムを含む場合には900°C 以上で酸化性の焼鈍をしてはならない。経験的にアルミニウムを添加した珪素鉄では窒素原子の作用を抑制し再結晶粒が大きく発達し易いことが知られている。従つて冷間圧延法によつて製造される異方性珪素鋼板ではアルミニウムを僅か添加した方が (110)-[001] 再結晶粒がよく発達する。所が R. L. Solter, C. W. Beattie⁵⁾が 0.03~0.06% C, 0.28~0.38% Mn, 0.03~0.07% Al の組成の低炭素アルミニウムキルド鋼板について研究した結果によれば窒化アルミニウム (AlN) は結晶粒界に析出して結晶粒の生長を阻害するという結論を得ている。しかしこの場合アルミニウム含有量が約 0.15% 程度以上になると、このような結晶粒生長阻害作用はみとめられないようになる。また 1150°C 程度の高温に加熱すれば AlN の殆んど大部分は分解する。例えば上述の 0.03~0.07% Al を含む低炭素鋼板で 1150°C に加熱後空冷せる場合 AlN として存在する窒素の含有量は 0.0002~0.0007% の範囲にあり、また全窒素含有量は 0.0043~0.0062% の範囲にあると報告されている。また水素焼鈍をすれば比較的低い温度で窒素は容易に NH_4 として除去される⁶⁾。水素焼鈍により全窒素含有量を 0.001% 程度以下に下げるとは比較的容易であると考えられる。

珪素鉄に対する窒素の作用についての意見は 1949 年を境として全く異つていることに注意しなければならない。AlN として存在する窒素の分析については H. F. Beeghly⁷⁾によつて記述されている。珪素鉄に対する窒素の作用を新しい分析方法による再検討が望まれる。

R. F. Mehl⁸⁾が 0.012% C, 0.018% S, 0.030% O, 0.0018% N, 0.004% P で最大導磁率 $\mu_m=7000$ の Armco 鉄を 1475°C で純水素中焼鈍を 3h 行つた結果 0.005% C, 0.006% S, 0.003% O, 0.0003% N, P は不変で $\mu_m=30,000$ に達したと称せられている。

III. 製鋼上の問題

珪素鋼板の性質の向上は、まず第1に製鋼作業の方法について十分な検討を行う必要がある。最近の資料によれば塩基性平炉で製鋼する場合、出鋼時の炭素含有量は 0.04~0.05% とするのが最もよいようである。その際に勿論酸素含有量がどの程度であるかも同時に検討してみなければならない。各製造工程中の脱炭速度、最終の磁性などは炭素、酸素含有量比によつてきまるからである。

最近平炉内における脱炭反応を促進するのに酸素製鋼法が実施されている。

平炉内に酸素を吹きこむ方法としては

- (1) 低速または高速バーナー法 (burner 法)
- (2) パイプ吹込法 (lance 法)
- (3) ジェット吹込法 (jet 法)

の3方法がある。(1)の方法は Carnegie Illinois Steel Corp⁹⁾等において試験された方法であるが実施している所は少いようである。

(2)の方法は「Direct oxidation」と称し熔鋼中に lance と名付けるパイプをつき入れて酸素を吹込み脱炭を行う方法である。E.B. Hughs によれば 7000~20000 ft³ の酸素を使用して 50分以内で熔鋼中の炭素含有量が約 0.04% に達すると報告している。

Table 1.

パイプ番号	吹込時間 (分)	酸素吹込量 (ft ³)
P 1	8.9	5220
P 2	7.9	4630
P 3	9.6	5640
P 4	6.3	3700

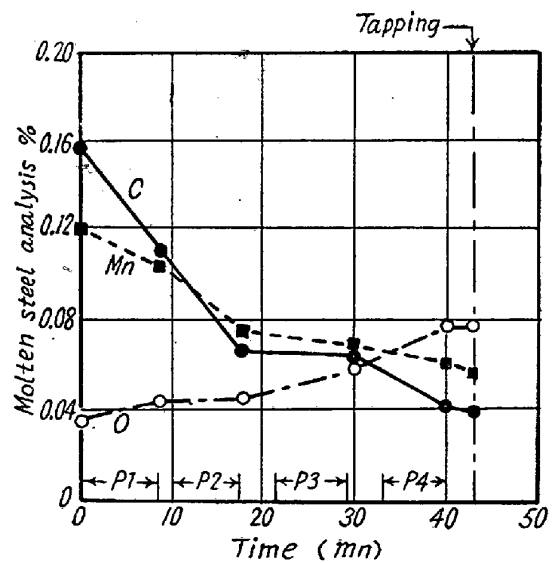


Fig. 2

E. B. Hughs が Wheeling Steel Corp. で実験せるデータの一例は Fig. 2 に示す如くであり、その際の酸素吹込条件は Table 1 の如くである。この場合パイプ直径 3/4 インチ、ホース直径 1 1/2 インチ、酸素圧力 100 psi とし湯の深さ約 30 インチの所でパイプの先は湯面から 6 乃至 10 インチの深さにつき入れるのが最もよいと報告している。またこの場合のパイプの熔失速度は 2 ~ 2 1/2 fpm であり 3/4 インチパイプの標準長さのもので寿命は平均約 6分 間から 10分 間である。

(3) のジェット法は¹¹⁾米国の Linde Air Products Co. の考案した方法で、パイプを熔鋼中に入れないでパイプ噴出孔 (jet) をスラッグ面よりも 3~6 インチの高さのところにおき酸素を噴出させてスラッグを吹き分けて熔鋼中に吹き入れる方法であつて 200t 平炉で試験した結果では (2) の lance 法よりも効果的であつたといわれている。

この場合酸素の圧力は 75~100 psi とし噴流速度は 15000~60000 ft³/h とする。この方法では湯の沸騰が激しいので平炉の土手は普通よりも少し高めにしないと溢れ出る恐れがあるという。

このように酸素製鋼法の導入によつて最近では熔鋼の脱炭は非常に容易に行われるようになった。この場合に炭素酸素含有比が問題であるが酸素の吹込中は熔鋼中の酸素含有量は平衡値より僅か高目であるが酸素吹込を止めると数分以内に殆んど平衡値に達する。Fig. 2 から見ても出鋼時の炭素含有量は 0.04~0.05% とするのがよいようであるがこれについては種々異つた意見もある。

平炉に限らず最近では転炉に対しても酸素吹込が実施され以前よりはるかに窒素含有量の少い転炉鋼が生産されている。

塩基性高周波電気炉による珪素鉄の真空熔解は William Rohn¹²⁾ によつて実施されているがその要点は次の如くである。

(1) まずあまり真空度を高めず僅か酸化性雰囲気として純鉄を熔解する。最初からあまり低圧にしすぎたり不活性ガスを用いたりしないほうがよい。

(2) 純鉄の熔解中に酸化鉄を加えると脱炭が効果的に行われる。

(3) 次に次第に真空度を高める。

(4) 次いで熔鋼中または熔鋼面上に水素を吹込む。

(5) 最後にカルシウム・シリサイドまたは Mishmetal を投入する。

(6) 次いで目的成分量に従つてフェロシリコンまたは純珪素を添加してから真空度を最も高める。

(7) 最後に僅かのアルミニウムチタン等を添加する。

Rohn によればこの方法で熔解した珪素鉄インゴットの最大導磁率は約 45,000 であるという。真空熔解した 2.75~3.5% Si 珪素鉄は普通冷間圧延法により異方性鋼帯として巻鉄心として用いる。

IV. 冷間圧延上の問題

異方性珪素鋼帯が次第に大型の変圧器鉄心として用いられるようになると当然巾のひろい珪素鋼帯の冷間圧延を行う必要を生ずる。

一例として F. R. Grant¹³⁾ によつて記述されている珪素鋼帯の冷間圧延機について紹介する。1947 年に Allegheny Ludlum Steel Corp. の West Leechburg 工場に設備された 4 基連続 tandem mill のロール巾は 28 インチで、24 インチ巾の珪素鋼帯の冷間圧延を行つている。この冷間圧延機は Mesta Machine Co. の設計で電設は G.E. が行つたものであり、その主要データは Table 2 の如くである。

異方性珪素鋼帯の結晶学的異方性に関する研究は最近では専ら C. G. Dunn によつて実験的研究が進められている^{14~17)}。文献(17)に記された最も新しい研究報告によれば 3.25% Si, 0.004% C, 0.035% Mn, 0.09% Cu, 0.009% P, 0.010% S, 0.070% Ni, で Al, Cr は痕跡という組成の珪素鉄の単結晶を種々の結晶方位に約 70% の冷間圧延を行い聚合組織をガイガー計数管廻折装置で定量的に決定している。冷間圧延聚合組織は 1941 年に C. S. Barrett および L. H. Levenson¹⁸⁾ が純鉄単結晶について実験せる結果と全く同様であることが報告されて

Table 2 Allegheny Ludlum Steel Corp. のタンデム・ミルの主要データ

ロール スタンド	電動機 HP	電動機廻転数 RPM	ギヤー比	出鋼帯速度 (Delivery speed) FPM.	
				最小(11.5 インチ直径ロール)	最大(12.5 インチ直径ロール)
1	1000	400~800	6.143 : 1	196	427
2	1500	300~600	3.348 : 1	270	586
3	1500	300~750	3.000 : 1	301	816
4	2000	250~625	2.226 : 1	238	920
ルール 1	400	300~1200	6.667 : 1		
ルール 2	10	400~1600	22.18 : 1		

いる。一次再結晶の傾向は冷間圧延聚合組織が (111) 面が圧延面に平行な場合例えば (111)-[11 $\bar{2}$], (111)-[110] 等の場合には短時間で微細な再結晶粒を生ずるのに対して冷間圧延聚合組織が [1 $\bar{1}$ 0] 軸が圧延方向に平行な場合例えば (001)[1 $\bar{1}$ 0], (114)[1 $\bar{1}$ 0] 等では非常にゆつくりと大きな再結晶粒を生ずることが認められている。現在の所、この実験結果から異方性珪素鋼板の結晶異方性発達過程を完全に説明することは困難であるが近い将来に C. G. Dunn によつてその完全な説明が行われるものと期待される。

現在、異方性珪素鋼板の異方性発達に対する見解は3つ存在している。即ち

(1) General Electric Co., Schenectady における B. F. Decker, D. Harker¹⁹⁾ の考えによると多結晶材料を冷間圧延するとき、冷間圧延板内に既にある程度の (110)-[001] 方位の結晶粒が存在しこれを再結晶せしめるときはこの (110)-[001] 方位の結晶粒が最も早く再結晶してエネルギーの低い新結晶粒を形成しこれがまわりの結晶を食つて生長する即ち (110)-[001] の再結晶方位は (110)-[001] で再結晶の際の結晶方位変化には何等言及していない。

(2) C. G. Dunn²⁰⁾ によれば B. F. Decker の見解とは異り冷間圧延板内の主結晶方位 (100)-[011] の結晶粒がゆつくりと大きな再結晶粒を形成するのに対して他の方位の結晶粒は急速に小さな再結晶粒を生ずる。二次再結晶では大きな再結晶粒が小さな再結晶粒を食つて生長する。この場合 (100)-[011] の結晶粒から現れた大きな再結晶粒の平均方位が問題であるがこれに関しては未決定である。

(3) 著者等の 1949 年における見解によれば第 1 回冷間圧延方位は (100)-[011] を主とするが第 2 回冷間圧延方位は (111)-[11 $\bar{2}$] であり、これを再結晶せしめるときは板面に平行で圧延方向に直角な軸 [110] に関してある一定の向きに廻転した方位の再結晶粒を生じ統計的に (110)-[001] 方位となる。

中間焼鈍後の結晶状態は異方性珪素鋼板の異方性発達過程に重要な因子となつているのでこれを部分的再結晶状態にするか、完全結晶状態にするか、または二次再結晶状態にするかは上の 3 つの見解では夫々異つてくることが了解されることと思う。

冷間圧延珪素鋼板の異方性を良好に発達させるためには含有元素として次の各因子が重要であることが明らかになつている²¹⁾。

(1) 炭素、酸素含有比は単に磁性、脱炭速度にとつて

重要であるだけでなく (110)-[001] 再結晶粒の発達程度に影響を持つ。

(2) 二次再結晶の際の (120)-[001] または (110)-[001] 方位の結晶粒の発達程度は非金属元素含有量が少いほど著しい。非金属元素が僅かでも多いと [001] 二次再結晶粒の成長を妨げる。特に窒素含有量が重要であることが明らかになつている。また冷間圧延工程中は炭素含有量が 0.02% 以下であることが望ましい。

(3) マンガンおよびアルミニウム含有量が異方性発達に影響を持つ。

冷間圧延珪素鋼板ではかように磁性に対する各含有元素の影響だけでなく再結晶現象におよぼす各含有元素の影響について考慮しなければならない。

V. 表面処理の問題

珪素鋼板の表面絶縁薄膜としては最近ドイツで実施されているボンデル被膜、米国において実施されているカーライト被膜がすぐれている。ボンデル被膜は磷酸塩被膜で 800~850°C に加熱しても安定で $10^5 \sim 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2 / \text{layer}$ の層間抵抗を保有する。N. P. Goss²²⁾ は次の如き表面処理を行つている。

(1) 鋳面に非常に薄い酸化膜を生成後、その上にアルミナを塗布して高温焼鈍をする。

(2) 鋳面に 0.2 mil の厚さに磷酸塩被膜を形成させる。これを 470°C で焼鈍するとこの被膜は非常に薄くなつて良質の絶縁被膜が得られる。

その他注目されている表面被膜としては Mg-Si 化合物被膜、磷酸マグネシウム被膜等がある。これ等の被膜は何れも電気的には十分な絶縁被膜であるが鋳面にどの程度丈夫に附着しているかが問題である。最近は何々の方法でこれ等薄膜と鋳面とのよい附着乃至融着法が試みられている。

珪素鋼板表面に珪素を拡散し板表面部の電気抵抗を高める方法は既に古く 1928 年に General Electric Co, その他²³⁾ によつて実施されたが最近約 6.5% の珪素含有量で最大導磁率が極大を有し、しかも磁場冷却効果が著しくよく効くこと²³⁾ が明らかになつたので著者等は珪素による磁性向上について実験した。珪素処理法としては幾つか考えられるが珪素処理温度は 600~700°C が良好なようである。

珪素鉄箔に珪素し磁場冷却処理を行つた角型ヒステレンス環線を有する材料を製造することは可能である。

以上 4 項目の問題について珪素鋼板に関する最近の進

歩の一部を述べたが、従来とかく定性的にしか理解されていなかつた含有元素の作用が次第に半定量的に明らかになり、製鋼上では酸素製鋼法の導入により炉内脱炭反応が非常に容易に行われるようになり、冷間圧延法により結晶異方性の発達する過程は次第に明らかとなり、また使用上の重要課題であつた表面処理の問題も殆んど解決されるようになった。このようにして現在工業的に $W\ 10/50=0.6\ W/kg$ の異方性珪素鋼板の製造さえ可能な段階となつてきつつある。

最近 Audio-frequency の変圧器の鉄心に非常に薄い珪素鉄箔帯が用いられる様になつた²⁴⁾。厚さが約 1/4 ミル程度のもので製造されている。この圧延には Rohn 型または Sendzimir 型の多段冷間圧延機を用いる。冷間圧延せる箔帯はセラミックボビンに巻きとり、各層間にマグネシア等を塗布してからボビンに巻いたまま乾燥水中で 875~1150°C の温度で焼鈍する。この場合にも普通の異方性珪素鋼帯の場合と同様に、圧延工程を適当にして良好な結晶異方性を発達させなければならない。米国では珪素鉄箔帯は Silectron Cores 等の商品名で製造されている。

また最近珪素鋼帯の焼鈍に磁場冷却、張力附加焼鈍等の特殊な方法が用いられるようになつた。

珪素鉄の最大導磁率は約 6.5% 附近の組成で極大値を示すがこの組成の前後では磁場冷却処理によつて著しく最大導磁率が高められる。磁場冷却の際に加える磁場は 10 乃至 20 エルステット程度であるから、工業的にも容易に実施できる。特に捲鉄心型のように殆んど反磁場を生じない場合には捲線密度 2~4 回/cm で 3~5 A の電流を通ずるだけでよい。S. A. Milner と A. P. Kljutscharew²⁵⁾ は変圧器用珪素鋼板に対して磁場冷却処理を行つて最大導磁率を $1\frac{1}{2}$ ~2 倍高め抗磁力を $2/3$ ~ $1/2$ に減ずることができたと報告している。また O. Grechow と P. Gluschkowa²⁶⁾ は厚さ 0.35 mm および 0.5 mm の変圧器用珪素鋼板を 600~750°C の温度に加熱後 20 テルステットの磁場中で冷却したところ、最大導磁率がもとの 6000 から 16000 に上昇したと報告している。

Fig. 3 は $\mu_m=17000$ 程度の 6.5% Si 珪素鉄に対する磁場冷却効果を示すもので H. Fahlenbrach, W. Heister²⁷⁾ による実験結果である。

D. C. Graham, L. R. Bronlund²⁸⁾によれば General Electric Co., Pittsfield 工場においては張力を加えながら焼鈍する方法を試みている。また Burgwin²⁹⁾ は珪素鋼帯を 700°~825°C で焼鈍する際 0.35~1.40 kg/

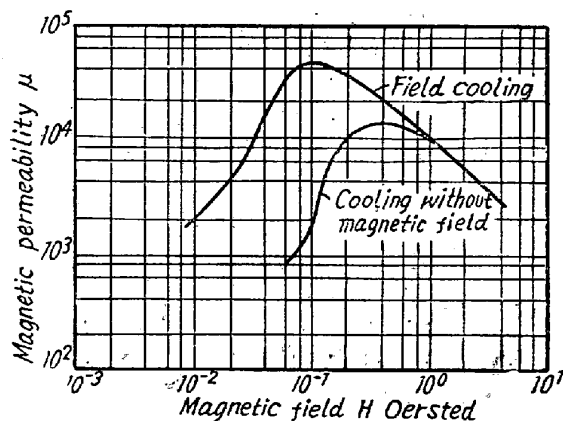


Fig. 3. Effect of field cooling on 6.5% Si steel (H. Fahlenbrach, W. Heister)

mm² の引張応力を加えると磁歪による振動を少なくする効果があることを報告している。

以上簡単に最近の諸文献に現われた珪素鋼板に関係した重要な問題を選んで記述した。冷間圧延法によつて製造される異方性鋼帯の捲鉄心は T. D. Gordy, G. G. Somerville²⁹⁾ によれば既に 3333 KVA の容量の変圧器にまで使用されるようになつている。

VI. 結 言

以上珪素鋼板の最近の問題について書いて見たが国内各社は勿論外国においても珪素鋼板製造技術は極秘となつていて正確な事は知ることはできないが原理的に考えどの様な方策を施しているかは見当がつかれたと思う。最近著者等は過去 20 年に亘る 250 に近い内外の研究を総括しこれに著者等の見解を加え基礎的事項より製造法使用法までを含めた小著“珪素鋼板”を上梓したので本資料には小著に記述しなかつた点は詳細に述べ重要と思われても重複する点は簡略にした。これは貴重な学会誌面を多く費すのを避けたい意味に外ならない。珪素鋼板に特に御興味のおありの方は小著を併せお読みいただければ幸いである。(昭和 30~10 月寄稿)

文 献

- 1) A. Kriz, F. Poboril: Stahl u. Eisen, 50 (1930), 1727
- 2) R. L. Rickett, N. C. Fick: Trans. A.I.M.E., 167 (1946), 346
- 3) J. L. Snoek: New development in ferromagnetic materials, (1949), 124
- 4) H.-H. Meyer, H. Schlütter: Stahl u. Eisen, 73 (1953), 1706
- 5) R. L. Solter, C. W. Beattie: Journal of Metals, 3 (1951), 721
- 6) S. Brunauer, M. E. Jefferson, P.H. Emmett, S. B. Hendrichs: J. Amer. Chem. Soc. 53

- (1931), 1778~1786
- 7) H. F. Beeghly: Analytical Chemistry. 21 (1949), 1513~1519
- 8) R. M. Bozarth: Ferromagnetism, p.39
- 9) E. L. Ramsey, A. J. Boynton: Iron Age, May 1 (1947), 50~53
- 10) G. V. Slottman, F. B. Lounsberry: Iron Age, May 29 (1947), 66
- 11) Iron Age, June 19, (1947) 75
- 12) W. Rohn: U.S.A. Pat. 2, 144, 200
- 13) F. R. Grant: Iron Age, Nov. 20 (1947) 79
- 14) C. G. Dunn: Acta Metallurgica 2 (1954), 173
- 15) C. G. Dunn: G. C. Nonken: Metal Progress, 64 (1953), No. 6, 71
- 16) C. G. Dunn: J. Applied Physics, 25 (1954) 233
- 17) C. G. Dunn, P. K. Koh: J. of Metals, 7 (1955), 2-I, 401
- 18) C. S. Barrett, L. H. Levenson: Trans. A. I. M.E., 145 (1941), 281
- 19) B. F. Decker, D. Harker: J. Applied Physics, 22 (1951), 900
- 20) C. G. Dunn: J. of Metals, 6 (1954), 549
- 21) N. P. Goss: Iron Age, 171 (1953) Feb. 147
- 22) Brit. Pat. 309393. Jan. 9, 1928
- 23) M. Goertz: J. Applied Phys., 22 (1951). 964
- 24) M. F. Littmann: Elect. Eng. (1952), 792
- 25) S. A. Milner, A. P. Kljutscharew: Shurnal-techn. Fisiki, 7 (1937), 371
- 26) O. Grechow, P. Gluschkowa: Stal 8 (1938) Nr. 10. 40~46
- 27) H. Fahlenbrach, W. Heister: Stahl u. Eisen, 73 (1953). 1644
- 28) D. C. Graham, L. R. Bronlund: J. Iron & Steel Eng., 31 (1954). 118
- 29) T. D. Gordy, G. G. Somerville: Elect. Eng., 70 (1951). July, 614

熔鉄中の酸素の活量

的 場 幸 雄*・郡 司 好 喜**

ON THE ACTIVITY OF OXYGEN IN MOLTEN IRON—REVIEW

Sachio Matoba, Dr. Eng. and Kôki Gunji

I. 序

英国鉄鋼協会が Faraday 協会と連合で「製鋼の物理化学」を主題として合同討論会を開いたのは 1925 年 6 月で、以来既に 30 年を経過した。この間 Fe-O 系は素より、製鋼炉内反応に関係があると考えられる基本的諸反応系の平衡関係は実験室的に一応取り上げつくされたかの観があるが、その内容に立ち入ってみるとなお必ずしも充分なものではない。

例えば、戦前は、熔鋼成分の活量を考慮しないではなかつたが、よるべき適確な資料が充分でないまま、熔鋼は Raoult または Henry の法則に従う溶液として、あるいは従う範囲のみを取扱い、実際作業の検討に当つては活量を考慮の外において差支えないという考え方が支配的であつた。併し、その後殊に合金鋼系に関連した諸測定が進むと共に、液体構造理論の発展とも相俟つて、熔鋼成分の活量を考慮しないでは製鋼反応を十分に説明し得ないことが多いことが明らかとなり、また実用鋼の成分範囲内においてもこれを不当に無視し得ないことが

認識せられる様になつてきた。

本稿は、熔鋼中の酸素の活量に関する最近の実験的事実を輯録しようとするものであるが、始めに一般溶液成分の活量の概念、活量の基準状態の選定、活量の求め方等について、できるだけ平易に、従つて厳密さに欠ける点は止むを得ないが、最小限度の説明を記載することとした。

II. 活量及び活量係数

(1) 活量の概念

G. N. Lewis¹⁾によると、すべての物質はその状態に依つて常に現状から逃げ去ろうとする傾向を持つ、即ち蒸気として飛び去つたり或いは他の物質と作用しようとしているというのである。この様な傾向を逃散能 (Fugacity) と呼び、これは一つの熱力学的函数で次式により定義されている。

$$F = RT \ln f + B \dots\dots\dots (1)$$

式中、 F は物質のある状態における自由エネルギー。 R はガス恒数、 T は絶対温度、 B は積分恒数、 f を逃

*東北大学工学部金属工学科教授 工博

** " " 金属工学科 工